(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年9月29日(29.09.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/202404 A1

(51) 国際特許分類:
B23Q 17/20 (2006.01) *B23B 27/00* (2006.01)
G01B 7/00 (2006.01) *B23B 29/12* (2006.01)
B23B 25/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/010935

(22) 国際出願日： 2022年3月11日(11.03.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-052635 2021年3月26日(26.03.2021) JP

(71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (**MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

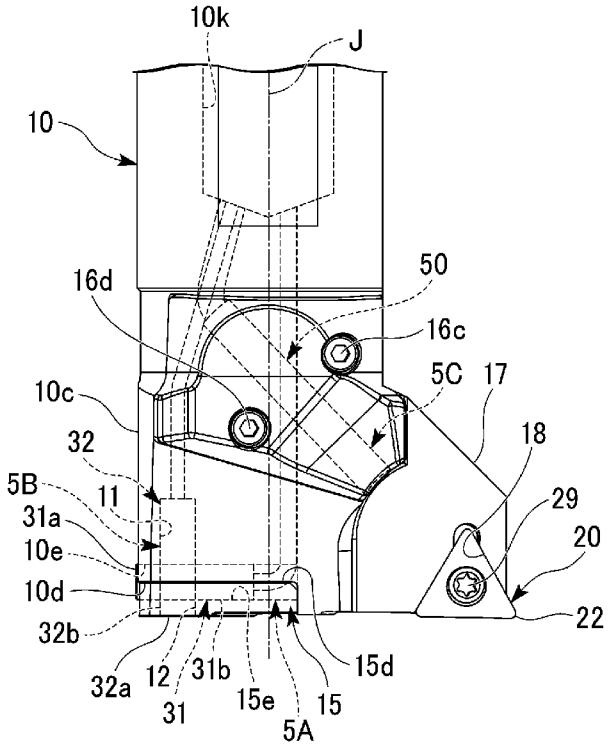
(72) 発明者: 今井 康晴 (**IMAI Yasuharu**); 〒1008117 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱マテリアル株式会社 加工事業カンパニー内 Tokyo (JP). 高橋 秀史 (**TAKAHASHI Hidebumi**); 〒1008117 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱マテリアル株式会社 加工事業カンパニー内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外 (**MATSUNUMA Yasushi et al.**); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) **Title:** CUTTING METHOD

(54) 発明の名称： 切削方法



(57) **Abstract:** This method is a processing method that uses a tool body (10, 110) to which a distance sensor (31, 32) is attached, and has a coordinate setting step for setting each of blade edge coordinates based on a blade edge of a cutting blade (22, 122) provided to the tool body (10, 110) and sensor coordinates based on a reference point of the distance sensor (31, 32), a processing step for using the blade edge coordinates to form a processed surface, and a measurement step for using the sensor coordinates to measure a dimension of the processed surface.

WO 2022/202404 A1

[続葉有]

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：この方法は、距離センサ（３１，３２）が取り付けられた工具本体（１０，１１０）を用いる加工方法であって、工具本体（１０，１１０）に設けられる切刃（２２、１２２）の刃先を基準とする刃先座標と、距離センサ（３１，３２）の基準点を基準とするセンサ座標とをそれぞれ設定する座標設定工程と、刃先座標を用いて加工面を形成する加工工程と、センサ座標を用いて加工面の寸法の測定を行う測定工程とを有する。

明　細　書

発明の名称 ： 切削方法

技術分野

[0001] 本発明は、切削方法に関する。

本願は、２０２１年３月２６日に、日本に出願された特願２０２１－０５２６３５号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年、様々な機能を付与された切削加工用の工具の開発が進められている。特許文献１には、光学式の距離センサを備える切削用の工具が開示されている。工具が距離センサを有することで、工程途中での被加工物の寸法測定を行うことができ、測定に要する時間を短縮し効率的な加工を行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０２０／１５１９６０号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 切削工具では、切刃の刃先は加工時間に応じて徐々に摩耗する。このため、切刃の摩耗が進んだ後に切刃を基準とする座標を再設定すると、距離センサの測定値に影響がでる虞があった。

[0005] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、距離センサを有する切削工具を用いた切削方法において、寸法測定の精度を高めることができる切削方法を提供することを目的の一つとしている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様の切削方法は、距離センサが取り付けられる工具本体を用いる加工方法であって、工具本体に設けられる切刃の刃先を基準とする刃先座標と、前記距離センサの基準点を基準とするセンサ座標と、をそれぞれ設

定する座標設定工程と、前記刃先座標を用いて加工面を形成する加工工程と、前記センサ座標を用いて前記加工面の寸法の測定を行う測定工程と、を有する。

[0007] 上述の構成によれば、切刃を用いて加工した加工面を距離センサにより測定することができる。このため、旋削工具が加工面を形成した後、当該加工面を測定する際に、旋削工具を被削材から一旦離間させる工程が不要となる。結果的に、旋削加工において測定工程に要する時間を短くすることができる。

さらに、上述の構成によれば、刃先座標とセンサ座標とが個別に設定されるため、寸法測定の結果が、切刃および距離センサの取り付け精度に影響を受け難い。加えて、距離センサの測定精度が切刃の刃先と距離センサとの相対的な位置に影響を受け難いため、切刃の摩耗が進んだ場合であっても、高精度な寸法測定を行うことができる。

[0008] 上述の切削方法において、前記加工工程における前記加工面の目標寸法と前記測定工程において測定した測定寸法とを比較して差分を算出する比較工程と、前記差分に応じて前記加工面の追加工を行う追加工工程と、を有してもよい。

[0009] 上述の構成によれば、比較工程における差分を基に、旋削工具を目標位置より被削材側に近づけて追加工工程を行うことで、加工面の寸法精度を高めることができる。また、加工工程と追加工工程の間に行う測定工程は、工具本体に取り付けられた距離センサを用いて行う。このため、加工工程から追加工工程に至るまでのタクトタイムを短くすることができる。

[0010] 上述の切削方法において、前記工具本体には、測定方向の異なる複数の前記距離センサが取り付けられ、前記座標設定工程において前記センサ座標を前記距離センサ毎に設定してもよい。

[0011] 上述の構成によれば、測定方向の異なる複数の距離センサを用いることで、測定工程において被削材の向きを変えることなく複数箇所の寸法測定を行うことができ、測定工程に要する時間をさらに短くすることができる。さら

に、座標設定工程では、距離センサ毎にセンサ座標が設定される。このため、複数の距離センサに対し１つのセンサ座標が設定される場合と比較して、距離センサの測定結果がそれぞれの距離センサの取り付け精度に影響を受け難く、高精度な寸法測定を行うことができる。

[0012] 上述の切削方法において、前記座標設定工程は、接触式センサを用いて、前記切刃の前記刃先および前記距離センサの先端面をそれぞれ接触することで行ってもよい。

[0013] 上述の構成によれば、座標設定工程において接触式センサを用いることで、使用環境などに影響されることなく距離センサの位置情報を確実に得やすい。また、接触式センサを用いることで、単一のセンサを用いて切刃の刃先および距離センサの先端面の位置情報を得ることができる。このため、座標設定工程に要する時間を節約できる。

[0014] 上述の切削方法において、前記距離センサは、渦電流センサであり、前記渦電流センサを較正する較正工程を有し、前記較正工程は、測定機器を用いて前記切刃によって加工した基準加工面を寸法測定する基準値測定工程と、前記センサ座標を基準として前記距離センサを用いて前記基準加工面からの距離を変えた複数の測定点を測定し、それぞれの前記測定点に対応する前記距離センサの出力値を記憶する出力値測定工程と、それぞれの前記測定点における前記基準加工面までの距離と前記出力値との関係を表す較正式を算出する算出工程とを有し、前記測定工程は、前記距離センサの前記出力値を前記較正式に代入することで前記加工面の寸法を算出してもよい。

[0015] 上述の構成によれば、距離センサとして渦電流センサを用いるため、ウェット加工を行う場合であっても、正確な測定を行うことができる。しかしながら、渦電流センサを用いる場合、加工対象の材料によってセンサの出力値が変わるため、較正が必要となる。上述の構成によれば、切刃によって形成した基準加工面を用いて構成を行うため、較正用のジグなどの必要としない。しかも、加工対象物を用いて較正を行うことができるため、ジグ等を用いる場合と比較して、より正確な較正式を算出できるばかりでなく、ジグの取

り付け取り外しに要する時間を節約することができる。

[0016] 上述の切削方法において、前記較正式は、ｘを前記距離センサの前記出力値、ｙを前記加工面までの距離、ａ、ｂ、ｃ、ｄ、ｅを定数とした場合に、以下の式

$$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$$

で表されてもよい。

[0017] 上述の構成によれば、様々な材料に対して、正確な測定を行うことができる。

[0018] 上述の切削方法において、前記算出工程において、加工対象の材料が鉄系の材料である場合に、定数ａ、ｂ、ｃに予め０を代入してもよい。

[0019] 上述の構成によれば、加工対象が鉄系の材料である場合に較正工程において測定する測定点の数を減らすことができる。これにより、較正精度を保ちつつ、較正工程に要する時間を短縮することができる。

[0020] 上述の切削方法において、前記工具本体には、前記距離センサによって測定される測定データを外部の制御装置に送信する通信部が設けられ、前記制御装置が、前記算出工程を行い、算出した前記較正式を記憶してもよい。

[0021] 上述の構成によれば、較正式のデータを制御装置において蓄積および解析を行うことができる。

[0022] 上述の切削方法において、前記加工面に切削油又はクーラントを供給しながら前記加工工程を行ってもよい。

[0023] 上述の構成によれば、渦電流センサを用いるため加工工程においてウェット加工を採用した場合であっても、測定工程における寸法測定の精度を確保できる。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、距離センサを有する切削工具を用いた切削方法において、寸法測定の精度を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図１は、第１実施形態の旋削工具（切削工具）の斜視図である。

[図2]図２は、第１実施形態の旋削工具の平面図である。

[図3]図３は、第１実施形態の旋削工具の正面図である。

[図4A]図４Ａは、第１実施形態の座標設定を示す模式図である。

[図4B]図４Ｂは、第１実施形態の座標設定を示す模式図である。

[図4C]図４Ｃは、第１実施形態の座標設定を示す模式図である。

[図5A]図５Ａは、第１実施形態の予備加工工程を示す図である。

[図5B]図５Ｂは、第１実施形態の予備加工工程を示す図である。

[図5C]図５Ｃは、第１実施形態の基準値測定工程を示す図である。

[図5D]図５Ｄは、第１実施形態の出力値測定工程を示す図である。

[図5E]図５Ｅは、第１実施形態の出力値測定工程を示す図である。

[図6]図６は、様々な材料の被削材Ｗに対する較正式を表すグラフである。

[図7A]図７Ａは、第１実施形態の加工工程を示す模式図である。

[図7B]図７Ｂは、第１実施形態の加工工程を示す模式図である。

[図7C]図７Ｃは、第１実施形態の加工工程を示す模式図である。

[図7D]図７Ｄは、第１実施形態の測定工程を示す模式図である。

[図8]図８は、第２実施形態の旋削工具の斜視図である。

[図9]図９は、第２実施形態の旋削工具と被削材の一部の正面図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係る旋削工具（切削工具）１について説明する。以下の図面においては、各構成をわかりやすくするために、実際の構造と各構造における縮尺や数等を異ならせる場合がある。

[0027] ＜第１実施形態＞

＜旋削工具＞

図１は、第１実施形態の旋削工具１の斜視図である。図２は、旋削工具１の平面図である。図３は、旋削工具１の正面図である。

[0028] 本実施形態の旋削工具１は、主軸回りに回転させられる金属材料等の被削材に対して、中ぐり加工等の旋削加工を施す。旋削工具１の基端部は、図示略の治具（刃物台）に着脱可能に保持される。また、旋削工具１を保持する

治具は、図示略の旋盤等の工作機械（旋盤）に固定される。

[0029] 図１に示すように、旋削工具１は、工具本体１０と、第１ブラケット１５と、第２ブラケット１９と、切削インサート２０と、第１の距離センサ（距離センサ）３１と、第２の距離センサ（距離センサ）３２と、撮像装置５０と、を備える。第１ブラケット１５、第２ブラケット１９、切削インサート２０、第１の距離センサ３１、第２の距離センサ３２、および撮像装置５０は、工具本体１０に取り付けられる。

[0030] 工具本体１０は、軸状に延びる棒体である。ここで、工具本体１０の延びる方向に沿って工具軸Ｊを設定する。すなわち、工具本体１０は、工具軸Ｊに沿って延びる。

なお、以下の説明において特に断りのない限り、工具軸Ｊに平行な方向を単に「軸方向」と呼び、工具軸Ｊを中心とする径方向を単に「径方向」と呼ぶ。

[0031] 工具本体１０は、鋼材等の金属材料により形成されている。工具本体１０は、工具軸Ｊを中心とする円柱状のシャンク部１６と、工具本体１０の先端部１０ａにおいてシャンク部１６の外周面から工具軸Ｊの径方向外側に突出する突出部１７と、を有する。

[0032] シャンク部１６には、後端部１０ｂ側に開口する中空孔１０ｋが設けられる。中空孔１０ｋには、センシングモジュール７ａ、無線通信モジュール（通信部）７ｂ、電源モジュール７ｃが収容されている。すなわち、旋削工具１は、センシングモジュール７ａ、無線通信モジュール７ｂ、および電源モジュール７ｃを備える。

[0033] センシングモジュール７ａは、第１の距離センサ３１、第２の距離センサ３２、および撮像装置５０を制御する。無線通信モジュール７ｂは、第１の距離センサ３１、第２の距離センサ３２、および撮像装置５０で測定されセンシングモジュール７ａで収集された測定データを外部の受信装置４ａに送信する。受信装置４ａは、旋削工具１を制御する制御装置４に設けられる。制御装置４は、工作機械（図示略）を制御するものであってもよい。制御装

置４には、記憶部４ｂが設けられる。記憶部４ｂには、第１の距離センサ３１、第２の距離センサ３２、および撮像装置５０の測定データ、および後述する較正式などが記憶される。

[0034] 電源モジュール７ｃは、第１の距離センサ３１、第２の距離センサ３２、撮像装置５０、センシングモジュール７ａ、および無線通信モジュール７ｂに電力を供給する。電源モジュール７ｃは、切削加工時に工具本体１０に生じる振動によって発電を行うピエゾ振動センサのような発電機からの電気をリチウムイオン電池のような二次電池に充電するものであってもよく、外部の電源から接触または非接触で供給された電気をこのような二次電池に充電するものであってもよく、あるいはマンガン乾電池やアルカリ乾電池のような一次電池であってもよい。

[0035] シャンク部１６の先端部１０ａには、先端面（第１保持面）１０ｄおよび上面（第２保持面）１０ｆが設けられる。すなわち、工具本体１０は、先端面１０ｄおよび上面１０ｆを有する。先端面１０ｄは、工具本体１０の先端部１０ａに位置し先端側を向く平坦面である。また、上面１０ｆは、シャンク部１６の先端部１０ａを切り欠いて形成される平坦面である。上面１０ｆは、突出部１７の突出方向および工具軸Ｊと平行な面である。先端面１０ｄと上面１０ｆとは、互いに直交する。

以下の説明において、上面１０ｆが向く方向を上側として、旋削工具１の各部を説明する。しかしながら、旋削工具１の使用時の姿勢は、この方向に限定されない。

[0036] 突出部１７は、上側を向く突出上面１７ａを有する。突出上面１７ａは、突出部１７の突出方向および工具軸Ｊと平行に延びる。突出上面１７ａは、上面１０ｆと平行な面である。突出上面１７ａには、切削インサート２０が取り付けられる台座１８が設けられる。台座１８は、突出部１７の突出方向の先端側かつ、工具本体１０の先端側の角部に位置する。すなわち、工具本体１０は、先端部１０ａに台座１８を有する。台座１８は、下側および突出部１７の突出方向反対側に凹む凹状である。

[0037] 切削インサート２０は、固定ネジ２９によって台座１８に着脱可能に取り付けられる。本実施形態の切削インサート２０は、厚さ方向から見て正三角形の三角柱形状である。切削インサート２０は、厚さ方向を向く平面視三角形状の一対の主面と、一対の主面同士を繋ぐ側面とを有する。切削インサート２０の主面と側面との間の稜線には、切刃２２が設けられる。なお、切削インサート２０の形状は、本実施形態に限定されない。

[0038] 図２に示すように、切刃２２は、工具本体１０の先端側に突出する。また、切刃２２は、径方向外側に突出する。したがって、切刃２２の一部は、旋削工具１の軸方向最先端および径方向最外端に位置する。

[0039] 図１に示すように、工具本体１０の先端面１０ｄには、２個の固定ネジ１６ａ、１６ｂによって第１ブラケット１５が固定される。第１ブラケット１５は、工具軸Ｊと直交する平面に沿う板状である。第１ブラケット１５は、工具本体１０の後端部１０ｂ側を向く対向面１５ｄを有する。対向面１５ｄは、工具本体１０の先端面１０ｄと対向し接触する。

[0040] 図２に示すように、工具本体１０の先端面１０ｄには、第１凹溝１０ｅが設けられる。第１凹溝１０ｅは、工具本体１０の外周面１０ｃから工具軸Ｊに向かって径方向に延びる。同様に、第１ブラケット１５の対向面１５ｄには、工具軸Ｊ方向から見て第１凹溝１０ｅに重なる第２凹溝１５ｅが設けられる。

[0041] 第１凹溝１０ｅの断面形状は半円形である。同様に、第２凹溝１５ｅの断面形状も半円形である。第１凹溝１０ｅと第２凹溝１５ｅとは、互いに重なりあって、工具軸Ｊの径方向に沿って延びる円形の第１孔部５Ａを形成する。第１孔部５Ａは、工具軸Ｊの径方向外側であって、切削インサート２０と反対側に向かって開口する。この第１孔部５Ａには、第１の距離センサ３１のセンサヘッド３１ｂが配置される。

[0042] 工具本体１０には、軸方向に沿って延びる第１収容孔１１が設けられる。第１収容孔１１は、円形の孔である。第１収容孔１１は、先端面１０ｄに開口する。第１ブラケット１５には、厚さ方向に貫通する貫通孔１２が設けら

れる。第１ブラケット１５の貫通孔１２は、第１収容孔１１の開口に重なる。第１収容孔１１と貫通孔１２とは、互いに連なって円形の第２孔部５Ｂを形成する。第２孔部５Ｂは、工具本体１０の先端側に開口する。第２孔部５Ｂの開口は、工具軸Ｊを挟んで切削インサート２０と反対側に位置する。第２孔部５Ｂには、第２の距離センサ３２のセンサヘッド３２ｂが配置される。

[0043] 図１に示すように、工具本体１０の上面１０ｆには、２個の固定ネジ１６ｃ、１６ｄによって第２ブラケット１９が固定される。第２ブラケット１９の下面１９ｆは、工具本体１０の上面１０ｆと対向し接触する。

[0044] 工具本体１０の上面１０ｆには、第３凹溝１０ｇが設けられる。第３凹溝１０ｇは、突出部１７の突出上面１７ａ側から工具本体１０の後端側に向かって延びる。また、第２ブラケット１９の下面１９ｆには、上側から見て第３凹溝１０ｇと重なる第４凹溝１９ｇが設けられる。

[0045] 第３凹溝１０ｇの断面形状は半円形である。同様に、第４凹溝１９ｇの断面形状も半円形である。第３凹溝１０ｇと第４凹溝１９ｇとは、互いに重なりあって、工具軸Ｊの径方向に沿って延びる円形の第３孔部５Ｃを形成する。第３孔部５Ｃの延長線上には、切削インサート２０の切刃２２が配置される。この第３孔部５Ｃには、撮像装置５０のカメラ本体部５０ｂが配置される。

[0046] 工具本体１０には、第１孔部５Ａ、第２孔部５Ｂ、および第３孔部５Ｃと中空孔１０ｋとを連通させる連通孔１０ｈ、１０ｉ、１０ｊが設けられる。連通孔１０ｈ、１０ｉ、１０ｊには、それぞれ第１の距離センサ３１、第２の距離センサ３２、および撮像装置５０のケーブル３１ｃ、３２ｃ、５０ｃが通される。ケーブル３１ｃ、３２ｃ、５０ｃは、中空孔１０ｋ内に配置されるセンシングモジュール７ａに接続される。

[0047] 第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２は、対象物（切削インサートにより形成した加工面）までの距離を測定する。本実施形態において、第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２は、渦電流センサであ

る。

[0048] 第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２は、円柱状のセンサヘッド３１ｂ、３２ｂと、センサヘッド３１ｂ、３２ｂの基端から延び出るケーブル３１ｃ、３２ｃと、を有する。

[0049] 第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２は、それぞれセンサヘッド３１ｂ、３２ｂの先端面３１ａ、３２ａを測定対象に対向させる。第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２は、センサヘッド３１ｂ、３２ｂの内部に高周波電流を流すことで高周波磁界を発生させる。これにより、導電体である測定対象物の表面に渦電流が流れ、センサヘッド３１ｂ、３２ｂの内部のコイルのインピーダンスが変化する。第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２は、このインピーダンスの変化から測定対象との距離を判定する。第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２は、インピーダンスの変化を電圧（単位はＶ）として出力する。第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２の出力値は、予め算出した較正式を用いて測定対象との距離に変換される。

[0050] 第１の距離センサ３１の先端面３１ａは、工具本体１０の外周面１０ｃから工具軸Ｊの径方向外側に向けて配置される。第１の距離センサ３１は、工具本体１０の径方向外側に配置される測定対象物までの距離を測定する。すなわち、第１の距離センサ３１は、工具軸Ｊの径方向外側を測定方向とする。

[0051] 第１の距離センサ３１のセンサヘッド３１ｂは、工具本体１０の先端面１０ｄと第１ブラケット１５との間に挟まれて保持される。このため、センサヘッド３１ｂは、その長さ方向の広い範囲で工具本体１０および第１ブラケット１５に対し保持される。したがって、第１の距離センサ３１のセンサヘッド３１ｂは、振動等に対して位置ずれし難く、第１の距離センサ３１による寸法測定の精度を安定させることができる。

[0052] 本実施形態によれば、工具本体１０の先端面１０ｄと第１ブラケット１５の対向面１５ｄとにそれぞれセンサヘッド３１ｂを収容する第１凹溝１０ｅ

および第２凹溝１５ｅが設けられる。第１凹溝１０ｅおよび第２凹溝１５ｅの内周面は、センサヘッド３１ｂの外周面に沿って半円形に湾曲する。第１凹溝１０ｅおよび第２凹溝１５ｅの内周面は、センサヘッド３１ｂの外周面と面接触する。これにより、工具本体１０および第１ブラケット１５に対するセンサヘッド３１ｂの外周面の接触面積を大きく確保することができ、第１の距離センサ３１の位置ずれをより確実に抑制できる。

[0053] 本実施形態によれば、第１の距離センサ３１のセンサヘッド３１ｂは、第１ブラケット１５によって覆われる。このため、センサヘッド３１ｂは、先端面３２ａのみが外部に露出し、他の部分が保護される。本実施形態によれば、センサヘッド３１ｂは、加工工程における切屑の飛散に対して第１ブラケット１５によって保護される。

[0054] 第２の距離センサ３２の先端面３２ａは、工具本体１０の先端面１０ｄから工具軸Ｊの先端側に向けて配置される。第２の距離センサ３２は、工具本体１０の先端側に配置される測定対象物までの距離を測定する。すなわち、第２の距離センサ３２は、工具軸Ｊの先端側を測定方向とする。

[0055] 第２の距離センサ３２は、工具本体１０の第１収容孔１１に収容される。すなわち、第２の距離センサ３２のセンサヘッド３１ｂは、工具本体１０の内部に配置される。このため、センサヘッド３２ｂは、先端面３２ａのみが外部に露出し、他の部分が保護される。すなわち、第２の距離センサ３２は、工具本体１０によって保護され切屑などが衝突することが抑制される。

[0056] 図３に示すように、工具本体１０には、外周面１０ｃから第１収容孔１１まで延びるネジ孔１０ｐが設けられる。ネジ孔１０ｐには、イモネジ９が挿入される。第２の距離センサ３２は、イモネジ９によって第１収容孔１１の内周面に押し当てられる。これにより、第２の距離センサ３２は、工具本体１０に固定される。これにより、第２の距離センサ３２を安定的に固定できる。

[0057] 本実施形態によれば、図１に示すように、工具本体１０には、切削インサート２０のみならず、第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２が

取り付けられている。このため、切削インサート２０を用いて加工した加工面を第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２により測定することができる。したがって、旋削工具１が加工面を形成した後、当該加工面を測定する際に、旋削工具１を被削材から一旦離間させる工程が不要となる。結果的に、旋削加工において測定工程に要する時間を短くすることができる。

[0058] 本実施形態によれば、第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２として渦電流センサを用いるため、ウェット加工を行う場合であっても、正確な測定を行うことができる。なお、渦電流センサは、周囲環境などの外乱に対して測定精度が安定し易い。このため、渦電流センサは、ウェット加工とドライ加工との何れを選択するかに関わらず、光学式の距離センサなどと比較して、切削加工後の外乱の多い環境での距離測定に適している。

[0059] 本実施形態によれば、第１の距離センサ３１を用いて、切削インサート２０により加工した径方向を向く加工面までの距離を測定でき、第２の距離センサ３２を用いて、切削インサート２０により加工した軸方向を向く加工面までの距離を測定することができる。すなわち、寸法測定時に、被削材の向きを変えることなく、異なる方向を向く面の寸法測定を行うことができ、測定工程に要する時間をさらに短くすることができる。なお、第１の距離センサ３１によって、切削インサート２０で加工された外径、内径、および真円度などを測定できる。また、第２の距離センサによって、切削インサートで段部、および孔底部の軸方向位置などを測定できる。

[0060] 撮像装置５０は、円柱状の防水型のＣＭＯＳイメージセンサーやＣＣＤイメージセンサーよりなるカメラである。撮像装置５０は、円柱状のカメラ本体部５０ｂと、カメラ本体部５０ｂの基端から延び出るケーブル５０ｃと、を有する。カメラ本体部５０ｂは、撮影対象を向くレンズ面５０ａを有する。また、レンズ面５０ａの周囲には、撮影対象を照らす複数のＬＥＤライトが配設されていてもよい。

[0061] 撮像装置５０のレンズ面５０ａは、切削インサート２０の切刃２２（特にコーナ刃）に向けられる。これにより、撮像装置５０は、切刃２２を撮影す

るとともに、この切刃２２によって切削加工された被削材の加工面も撮影する。

[0062] 撮像装置５０のカメラ本体部５０ｂは、工具本体１０の上面１０ｆと第２ブラケット１９との間に挟まれて保持される。このため、カメラ本体部５０ｂは、その長さ方向の広い範囲で工具本体１０および第２ブラケット１９に対し保持される。したがって、撮像装置５０のカメラ本体部５０ｂは、振動等に対して位置ずれし難く、撮像装置５０により寸法測定の精度を安定させることができる。

[0063] 本実施形態によれば、工具本体１０の上面１０ｆと第２ブラケット１９の下面１９ｆとにそれぞれカメラ本体部５０ｂを収容する第３凹溝１０ｇおよび第４凹溝１９ｇが設けられる。第３凹溝１０ｇおよび第４凹溝１９ｇの内周面は、カメラ本体部５０ｂの外周面に沿って半円形に湾曲する。第３凹溝１０ｇおよび第４凹溝１９ｇの内周面は、カメラ本体部５０ｂの外周面と面接触する。これにより、工具本体１０および第２ブラケット１９に対するカメラ本体部５０ｂの外周面の接触面積を大きく確保することができ、撮像装置５０の位置ずれをより確実に抑制できる。

[0064] 本実施形態によれば、撮像装置５０のカメラ本体部５０ｂは、第２ブラケット１９によって覆われる。このため、カメラ本体部５０ｂは、レンズ面５０ａのみが外部に露出し、他の部分が保護される。本実施形態によれば、カメラ本体部５０ｂは、加工工程における切屑の飛散に対して第２ブラケット１９によって保護される。

[0065] 本実施形態によれば、撮像装置５０が、工具本体１０に取り付けられているので、工作機械に撮像装置が備えられていなくても被削材の加工面等の画像を撮影することができる。これにより、被削材の加工面の性状や加工面に発生したバリ等の発生状況を確認することができる。また、撮像装置５０が切刃２２を撮影する場合には、切刃２２によって生成される切屑の生成状況や切刃の欠損、チッピング、摩耗等の損傷を確認することができる。

[0066] ＜切削方法＞

次に、本実施形態の旋削工具１を用いた切削方法について説明する。

旋削工具１を用いた切削方法は、予備工程としての座標設定工程および較正工程と、加工工程と、測定工程と、を有する。

＜座標設定工程＞

図４Ａ～図４Ｃは、本実施形態の座標設定を示す模式図である。

座標設定工程は、刃先座標を設定する工程と、第１のセンサ座標を設定する工程と、第２のセンサ座標を設定する工程と、を有する。座標設定工程は、接触式センサ６を用いて行われる。接触式センサ６は、例えばタッチプローブなどのセンサである。

[0067] 図４Ａは、刃先座標を設定する工程を示す。刃先座標は、切削インサート２０の切刃２２の刃先を基準とする座標である。この工程では、接触式センサ６を用いて切刃２２の刃先を接触し、センシングモジュール７ａにおいて切刃２２の刃先の位置情報を記憶し、刃先座標を設定する。

[0068] 図４Ｂは、第１のセンサ座標を設定する工程を示す。第１のセンサ座標は、第１の距離センサ３１の先端面３１ａを基準とする座標である。この工程では、接触式センサ６を用いて第１の距離センサ３１の先端面３１ａを接触し、センシングモジュール７ａにおいて第１の距離センサ３１の先端面３１ａの位置情報を記憶し、第１のセンサ座標を設定する。

[0069] 図４Ｃは、第２のセンサ座標を設定する工程を示す。第２のセンサ座標は、第２の距離センサ３２の先端面３２ａを基準とする座標である。この工程では、接触式センサ６を用いて第２の距離センサ３２の先端面３２ａを接触し、センシングモジュール７ａにおいて第２の距離センサ３２の先端面３２ａの位置情報を記憶し、第２のセンサ座標を設定する。

[0070] 本実施形態によれば、刃先座標とセンサ座標とが個別に設定される。このため、寸法測定の結果が、切削インサート２０および距離センサ３１、３２の取り付け精度による影響を受け難い。加えて、距離センサ３１、３２の測定精度が切刃２２の刃先と距離センサとの相対的な位置による影響を受け難いため、切刃２２の摩耗が進んだ場合であっても、高精度な寸法測定を行う

ことができる。

[0071] 本実施形態によれば、座標設定工程において接触式センサを用いて行われる。このため、設定工程を行う際の周囲の環境に影響されることなく、切刃２２および距離センサ３１、３２の位置情報を得やすい。また、接触式センサを用いることで、単一のセンサを用いて切刃２２の刃先および距離センサ３１、３２の先端面３１ａ、３２ａの位置情報を得ることができる。このため、座標設定工程に要する時間を節約できる。

[0072] 本実施形態によれば、距離センサ３１、３２毎にセンサ座標が設定される。このため、複数の距離センサ３１、３２に対し１つのセンサ座標が設定される場合と比較して、距離センサ３１、３２の測定精度が、それぞれの距離センサ３１、３２の取り付け精度から影響を受けることを抑制できる。

[0073] ＜較正工程＞

図５Ａ～図５Ｅは、本実施形態の較正工程を示す模式図である。

本実施形態では、距離センサ３１、３２として渦電流センサを用いる。渦電流センサは、測定対象の材料によって出力値と距離との関係が変わるため、材料毎の出力値と距離との関係（較正式）を予め算出する必要がある。較正工程は、後述の加工工程の被削材Ｗの材料に対する較正式を算出する工程である。本実施形態の較正工程は、予備加工工程と、基準値測定工程と、出力値測定工程と、算出工程と、を有する。

[0074] 図５Ａおよび図５Ｂは、予備加工工程を示す図である。予備加工工程では、加工工程で加工する被削材Ｗをそのまま用いる。予備加工工程では、加工工程における目標寸法に対して工具を十分にオフセットさせ、加工工程の目標寸法より切削対象が大きくなるように加工を行う。

[0075] 本実施形態の被削材Ｗは、段差付きの貫通孔４０を有する。貫通孔４０は、段差面４３と、段差面４３に対して軸方向一方側の大径部４１と、段差面４３に対して軸方向他方側の小径部４２とを有する。本実施形態の切削方法は、貫通孔４０の大径部４１および段差面４３の内周面の仕上げ加工を行う加工方法である。

[0076] 予備加工工程では、図５Ａに示すように、大径部４１の内周面を加工する。この工程では、被削材Ｗを主軸Ｏ周りに回転させながら、切刃２２を被削材Ｗの大径部４１の内周面に接触させ、軸方向に移動させる。さらに、予備加工工程では、図５Ｂに示すように、段差面４３を加工する。この工程では、被削材Ｗを引き続き主軸Ｏ周りに回転させながら、切刃２２を段差面に沿って径方向に移動させる。これによって、予備加工工程では、基準加工面を形成する。

[0077] 図５Ｃは、基準値測定工程を示す図である。基準値測定工程は、仮加工工程において切刃２２で加工した基準加工面を寸法測定する工程である。より具体的には、基準値測定工程では、大径部４１の内径および段差面４３の段差寸法を別途用意した測定機器Ａ、Ｂで測定し、較正を行う際の基準値とする。測定機器Ａ、Ｂは、例えば、シリンダゲージ、デプスゲージなどの測定器である。

[0078] 図５Ｄ、図５Ｅは、出力値測定工程を示す図である。出力値測定工程では、基準値測定工程で測定した基準値を基準として、第１の距離センサ３１および第２の距離センサ３２を用いて被削材Ｗからの各距離に対応する出力値を測定する。

[0079] 図５Ｄは、第１の距離センサ３１の出力値測定工程を示す。

出力値測定工程では、まず、基準値測定工程で測定した基準値を用いて、第１の距離センサ３１の先端面３１ａを、大径部４１の内周面からの距離が第１の距離（例えば０．１ｍｍ）となる第１の測定点に移動させ、第１の距離センサ３１による出力値を記憶する。

次いで、先端面３１ａを、大径部４１の内周面からの距離が第２の距離（例えば０．２ｍｍ）となる第２の測定点に移動させ、第１の距離センサ３１による出力値を記憶する。さらに、先端面３１ａを第３、第４・・・の測定点に移動させ、それぞれの測定点に対応する第１の距離センサ３１の出力値をセンシングモジュール７ａにおいて記憶する。なお、この工程においける第１の距離センサ３１の位置合わせは、第１のセンサ座標を用いて行う。

[0080] 図５Ｅは、第２の距離センサ３２の出力値測定工程を示す。

第２の距離センサ３２の出力値測定工程は、上述した第１の距離センサ３１の場合と同様に、まず、基準値測定工程で測定した基準値を用いて、第２の距離センサ３２の先端面３２ａを、段差面４３からの距離が第１の距離（例えば０．２ｍｍ）となる第１の測定点に移動させ、第２の距離センサ３２による出力値を記憶する。次いで、先端面３２ａを、段差面４３からの距離が第２の距離（例えば０．３ｍｍ）となる第２の測定点に移動させ、第２の距離センサ３２による出力値を記憶する。さらに、第３、第４・・・の測定点と、当該測定点に対応する第２の距離センサ３２の出力値を順次記憶する。この工程においける第２の距離センサ３２の位置合わせは、第２のセンサ座標を用いて行う。

[0081] このように、出力値測定工程は、センサ座標を基準として距離センサ３１、３２を用いて基準加工面からの距離を変えた複数の測定点を測定し、それぞれの測定点に対応する距離センサ３１、３２の出力値を記憶する。なお、測定対象までの距離と出力値との組み合わせのデータは、無線通信モジュール７ｂによって制御装置４に送信され、制御装置４の記憶部４ｂ（図１参照）に記憶される。

[0082] 算出工程では、出力値測定工程で測定したそれぞれの測定点における基準加工面までの距離と出力値との関係から、この関係を表す較正式を算出する。算出工程は、距離センサ３１、３２毎に行われる。すなわち、算出工程では、第１の距離センサ３１に対応する較正式と、第２の距離センサ３２に対応する較正式とが、導かれる。なお、算出工程は、制御装置４（図１参照）によって行われる。また、算出工程によって導かれた較正式は、制御装置４の記憶部４ｂに記憶される。制御装置４は、記憶部４ｂに記憶される較正式を用いて測定値を較正して現実の寸法を算出する。本実施形態によれば、較正式を外部の制御装置４に送信することで、制御装置４において蓄積および解析を行うことができる。これにより、解析結果に基づいて切削条件を変更したり、切削工具および切削インサート２０などの交換を促したりすること

が可能となる。

[0083] 較正式は、距離センサ３１、３２の出力値である電圧（単位はＶ）を距離センサ３１、３２の先端面３１ａ、３１ｂから測定対象までの距離（単位はｍｍ）に変換する。較正式は、較正式は、ｘを距離センサ３１、３２の出力値、ｙを加工面までの距離、ａ、ｂ、ｃ、ｄ、ｅを定数として、以下の式で表される。すなわち、較正式は、四次以下の関数で表わされる。

$$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$$

[0084] 図６は、様々な材料の被削材Ｗに対する較正式を表すグラフである。図６には、被削材Ｗとしてアルミニウム合金（Ａ６０６１）、および鉄系合金（ＳＵＳ３０４、ＦＣ２５０、ＳＣＭ４４０）を選んだ場合の較正式のグラフが示されている。

[0085] また、図６のグラフでは、加工面からの距離として０．２ｍｍ、０．３ｍｍ、０．４ｍｍ、０．５ｍｍ、０．６ｍｍ、０．７ｍｍ、０．８ｍｍの７点を測定点として測定した。測定点に対応する距離センサの出力値を基に上記の三次の方程式に代入することで、定数ａ、ｂ、ｃ、ｄ、ｅを算出し、これらの定数を代入した較正式を関数としてグラフ上に図示した。

[0086] 図６に示すように、鉄系合金において、較正式は一次関数に近似することができる。一方で、アルミニウム合金は、四次関数で表される。このように、較正式は、合金の種類によって、次数に傾向が表れる。したがって、加工対象が鉄系の材料であることが分かっている場合、定数ａ、ｂ、ｃに予め０を代入した以下の式を用いて較正式を算出することができる。

$$y = dx + e$$

[0087] 本実施形態によれば、定数ａ、ｂ、ｃに予め０を代入する場合、出力値測定工程において測定する測定点の数を減らすことができる。これにより、較正精度を保ちつつ、較正工程に要する時間を短縮することができる。一方で、定数ａ、ｂ、ｃをも含めて較正式を算出する場合には、様々な材料に対して最適な較正式を算出することができる。

なお、ここでは、被削材が鉄系合金である場合に、較正を一次関数として

表現することで較正のために用いる測定時間を短縮する場合について説明した。しかしながら、より厳密な較正を行いたい場合は、被削材が鉄系合金であっても、定数ｄ、ｅのみならず、定数ａ、ｂ、ｃをも算出し四次関数の較正式を求めてもよい。

[0088] 本実施形態によれば、距離センサ３１、３２として渦電流センサを用いるため、ウェット加工を行う場合であっても、正確な測定を行うことができる。しかしながら、渦電流センサを用いる場合、加工対象の材料によってセンサの出力値が変わるため、較正が必要となる。本実施形態によれば、切刃２２によって形成した基準加工面を用いて構成を行うため、較正用のジグなどを必要としない。しかも、加工対象物を用いて較正を行うことができるため、ジグ等を用いる場合と比較して、より正確な較正式を算出できるばかりでなく、ジグの取り付け取り外しに要する時間を節約することができる。

[0089] ＜加工工程＞

図７Ａ、図７Ｂは、本実施形態の加工工程を示す模式図である。

本実施形態の加工工程は、刃先座標を用いて加工面を形成する工程である。本実施形態の加工工程は、第１の旋削工程と第２の旋削工程とを有する。

[0090] 図７Ａに示すように、第１の旋削工程は、大径部４１の内周面を加工する工程である。第１の旋削工程では、被削材Ｗを主軸Ｏ周りに回転させながら行う。第１の旋削工程では、まず、旋削工具１の工具軸Ｊを主軸Ｏと平行とした状態で、切刃２２の径方向外端を、大径部４１の内周面の径方向の目標寸法（目標位置）に位置合わせする。さらに、旋削工具１を軸方向先端に沿って移動させ、大径部４１の内周面に切削インサート２０の切刃２２に接触させる。次いで、切刃２２を大径部４１の内周面に接触させた状態で、旋削工具１を軸方向先端に移動させる。これにより、大径部４１の内周面を切刃２２により旋削加工することができる。

[0091] 図７Ｂに示すように、第２の旋削工程は、段差面４３を加工する工程である。

第２の旋削工程では、第１の旋削工程に引き続き、被削材Ｗを主軸Ｏ周り

に回転させながら行う。第２の旋削工程では、まず、切刃２２の軸方向最先端を、段差面４３の軸方向の目標寸法（目標位置）に位置合わせする。次いで、切削インサート２０の切刃２２を大径部４１と段差面４３との角部に接触した状態から、段差面４３に接触した状態を維持しつつ径方向内側に移動させる。これにより、段差面４３を切刃２２により旋削加工することができる。

[0092] ＜測定工程＞

図７Ｃおよび図７Ｄは、本実施形態の測定工程を示す模式図である。

測定工程は、センサ座標を用いて加工面の寸法の測定を行う工程である。測定工程は、第１の測定工程と第２の測定工程とを有する。

[0093] 図７Ｃに示すように、第１の測定工程は、第１のセンサ座標を用いて大径部４１の内周面の寸法を測定する工程である。第１の測定工程では、まず、旋削工具１を径方向に移動して、第１の距離センサ３１の先端面３１ａを、大径部４１の内周面に対向させる。さらに、第１の距離センサ３１の出力値を、較正式に代入することで大径部４１の内周面の寸法を算出する。

[0094] 図７Ｄに示すように、第２の測定工程は、第２のセンサ座標を用いて段差面４３の寸法を測定する工程である。第２の測定工程では、まず、旋削工具１を径方向に移動して、第２の距離センサ３２の先端面３２ａを、段差面４３に対向させる。さらに、第２の距離センサ３２の出力値を、較正式に代入することで段差面４３の寸法を算出する。

[0095] 加工工程（第１および第２の旋削工程）並びに測定工程（第１および第２の測定工程）の後には、比較工程が行われる。比較工程では、加工工程における加工面の目標寸法と、測定工程において測定した加工面の寸法と、を比較して差分を算出する。

[0096] 比較工程の後には、追加工工程が行われる。追加工工程では、比較工程での比較を根拠として、目標寸法と測定寸法との差分が公差より大きい場合に、追加工が必要であると判断されて行われる。すなわち、本実施形態の旋削方法は、比較工程における目標寸法と測定寸法との差分に応じて、被削材Ｗ

を旋削工具１によって追加工する追加工工程を有する。

なお、追加工工程は、図７Ａ、図７Ｂに示す加工工程と同様の手順を経て行われるため、図示を省略する。

[0097] 本実施形態によれば、比較工程における差分を基に、旋削工具を目標位置より被削材側に近づけて追加工工程を行うことで、加工面の寸法精度を高めることができる。また、加工工程と追加工工程の間に行う測定工程は、工具本体に取り付けられた距離センサ３１，３２を用いて行う。このため、加工工程から追加工工程に至るまでのタクトタイムを短くすることができる。

[0098] また、比較工程での比較を根拠として、目標位置と測定位置との差分が予め設定した閾値より大きい場合に、切削インサート２０の交換が必要であると判断することもできる。目標寸法と測定寸法との差分が大きい場合に、切削インサート２０の摩耗が顕著であると考えられるためである。

[0099] 本実施形態の加工方法において、加工面に切削油又はクーラントを供給しながら加工工程を行ってもよい。本実施形態の測定工程は、渦電流センサを用いるため加工工程においてウェット加工を採用した場合であっても、測定工程における寸法測定の精度を確保できる。

[0100] ＜第２実施形態＞

図８は、本実施形態の旋削工具（切削工具）１０１の斜視図である。図９は、旋削工具１０１と被削材の一部の正面図である。

なお、上述の実施形態と同一態様の構成要素については、同一符号を付し、その説明を省略する。

[0101] 本実施形態の旋削工具１０１は、主軸回りに回転させられる金属材料等の被削材に対して、外周面の旋削加工を施す。旋削工具１０１は、工具本体１１０と、蓋部材１１５と、ブラケット１１９と、切削インサート１２０と、第１の距離センサ（距離センサ）３１と、第２の距離センサ（距離センサ）３２と、撮像装置５０と、を備える。

[0102] 工具本体１１０は、工具軸Ｊに沿って軸状に延びる。工具本体１１０は、工具軸Ｊを中心とする角柱状のシャンク部１１６と、工具本体１１０の先端

部１１０ａにおいてシャンク部１１６の外周面から工具軸Ｊの径方向外側に突出する突出部１１７と、を有する。

[0103] シャンク部１１６の先端部１１０ａには、切欠部１０８が設けられる。切欠部１０８は、工具本体１１０の先端側および突出部１１７の突出方向反対側に開口する。切欠部１０８には、蓋部材１１５が挿入され固定されている。

[0104] 突出部１１７には、切削インサート１２０が取り付けられる台座１１８が設けられる。台座１１８は、突出部１１７の突出方向の先端側かつ、工具本体１１０の先端側の角部に位置する。すなわち、工具本体１１０は、先端部１１０ａに台座１１８を有する。本実施形態の切削インサート１２０は、厚さ方向から見てひし形の四角柱形状である。切削インサート１２０の主面と側面との間の稜線には、切刃１２２が設けられる。

[0105] 工具本体１１０には、第１収容孔１１１および第２収容孔１１２が設けられる。第１収容孔１１１および第２収容孔１１２は、円形の孔である。

[0106] 第１収容孔１１１は、工具軸Ｊの径方向に沿って延びる。第１収容孔１１１の一端は、突出部１１７の突出方向先端面に開口し、他端は切欠部１０８に開口する。第１収容孔１１１の他端の開口は、蓋部材１１５によって覆われる。第１収容孔１１１には、第１の距離センサ３１のセンサヘッド３１ｂが挿入される。第１収容孔１１１は、台座１１８の直下に配置される。すなわち、第１の距離センサ３１は、切削インサート１２０の直下に配置される。

[0107] 第２収容孔１１２は、工具軸Ｊの軸方向に沿って延びる。第２収容孔１１２の一端は、工具本体１１０の先端側に開口する。第２収容孔１１２には、第２の距離センサ３２のセンサヘッド３２ｂが挿入される。

[0108] 図８に示すように、工具本体１１０には、外周面から第１収容孔１１１まで延びる第１ネジ孔１１０ｐと、外周面から第１収容孔１１１まで延びる第２ネジ孔１１０ｑと、が設けられる。第１ネジ孔１１０ｐには、第１イモネジ１０９ａが挿入される。第１の距離センサ３１は、第１イモネジ１０９ａ

によって第１収容孔１１１の内周面に押し当てられる。これにより、第１の距離センサ３１は、工具本体１１０に固定される。同様に、第２ネジ孔１１０ｑには、第２イモネジ１０９ｂが挿入される。第２の距離センサ３２は、第２イモネジ１０９ｂによって第２収容孔１１２の内周面に押し当てられる。これにより、第２の距離センサ３２は、工具本体１１０に固定される。

[0109] 図９に示すように、旋削工具１０１は、回転軸Ｏまわりを回転する被削材Ｗの外周面４８および段差面４９を切削する。第１の距離センサ３１は、被削材Ｗの外周面４８を測定する。一方で、第２の距離センサ３２は、被削材Ｗの段差面４９を測定する。

[0110] 本実施形態の旋削工具１０１によれば、第１の距離センサ３１は、工具軸Ｊに対する切刃１２２の突出方向と同方向に向けて配置される。このため、第１の距離センサ３１は、このため、第１の距離センサ３１は、切刃１２２による外周面４８の加工方向と同方向から外周面４８を測定できる。したがって、加工工程から測定工程に移行する際に、旋削工具１０１を大きく移動することなく外周面４８の測定をすることができる。

[0111] 工具本体１１０の上面には、カメラ台座部１０４が設けられる。カメラ台座部１０４には、ブラケット１１９が固定される。カメラ台座部１０４には、凹溝１１０ｇが設けられる。ブラケット１１９の下面には、上側から見て凹溝１１０ｇと重なる凹溝１１９ｇが設けられる。凹溝１１０ｇと凹溝１１９ｇとは、互いに重なりあって、工具軸Ｊの径方向に沿って延びる円形の孔部１０５を形成する。孔部１０５の延長線上には、切削インサート１２０の切刃１２２が配置される。孔部１０５には、撮像装置５０のカメラ本体部５０ｂが配置される。すなわち、撮像装置５０のカメラ本体部５０ｂは、工具本体１１０のカメラ台座部１０４と第２ブラケット１９との間に挟まれて保持される。撮像装置５０は、切刃１２２を撮影するとともに、この切刃１２２によって切削加工された被削材の加工面も撮影する。

[0112] 上記構成からなる第２実施形態の旋削工具１０１によっても、第１実施形態の旋削工具１と同様に、図４Ａ～図７Ｄに示したような切削方法を行うこ

とができ、同様の効果が得られる。

[0113] 以上に、本発明の実施形態を説明したが、実施形態における各構成およびそれらの組み合わせ等は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換およびその他の変更が可能である。また、本発明は実施形態によって限定されることはない。

産業上の利用可能性

[0114] 本発明によれば、距離センサを有する切削工具を用いた切削方法において、寸法測定の精度を高めることができるから、産業上の利用が可能である。

符号の説明

[0115] １…切削工具（旋削工具）

６…接触式センサ

１０，１１０…工具本体

２２，１２２…切刃

３１…第１の距離センサ（距離センサ）

３２…第２の距離センサ（距離センサ）

Ａ，Ｂ…測定機器

請求の範囲

[請求項1] 距離センサが取り付けられる工具本体を用いる加工方法であって、

工具本体に設けられる切刃の刃先を基準とする刃先座標と、前記距離センサの基準点を基準とするセンサ座標と、をそれぞれ設定する座標設定工程と、

前記刃先座標を用いて加工面を形成する加工工程と、

前記センサ座標を用いて前記加工面の寸法の測定を行う測定工程とを有する、切削方法。

[請求項2] 前記加工工程における前記加工面の目標寸法と前記測定工程において測定した測定寸法とを比較して差分を算出する比較工程と、

前記差分に応じて前記加工面の追加工を行う追加工工程とを有する、請求項１に記載の切削方法。

[請求項3] 前記工具本体には、測定方向の異なる複数の前記距離センサが取り付けられ、

前記座標設定工程において前記センサ座標を前記距離センサ毎に設定する、請求項１又は２に記載の切削方法。

[請求項4] 前記座標設定工程は、接触式センサを用いて、前記切刃の前記刃先および前記距離センサの先端面をそれぞれ接触することで行う、請求項１～３の何れか一項に記載の切削方法。

[請求項5] 前記距離センサは、渦電流センサであり、

前記渦電流センサを較正する較正工程を有し、

前記較正工程は、

測定機器を用いて前記切刃によって加工した基準加工面を寸法測定する基準値測定工程と、

前記センサ座標を基準として前記距離センサを用いて前記基準加工面からの距離を変えた複数の測定点を測定し、それぞれの前記測定点に対応する前記距離センサの出力値を記憶する出力値測定工程と、

それぞれの前記測定点における前記基準加工面までの距離と前記

出力値との関係を表す較正式を算出する算出工程とを有し、

前記測定工程は、前記距離センサの前記出力値を前記較正式に代入することで前記加工面の寸法を算出する、請求項１～４の何れか一項に記載の切削方法。

[請求項6] 前記較正式は、ｘを前記距離センサの前記出力値、ｙを前記加工面までの距離、ａ、ｂ、ｃ、ｄ、ｅを定数とした場合に、以下の式

$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$

で表される、請求項５に記載の切削方法。

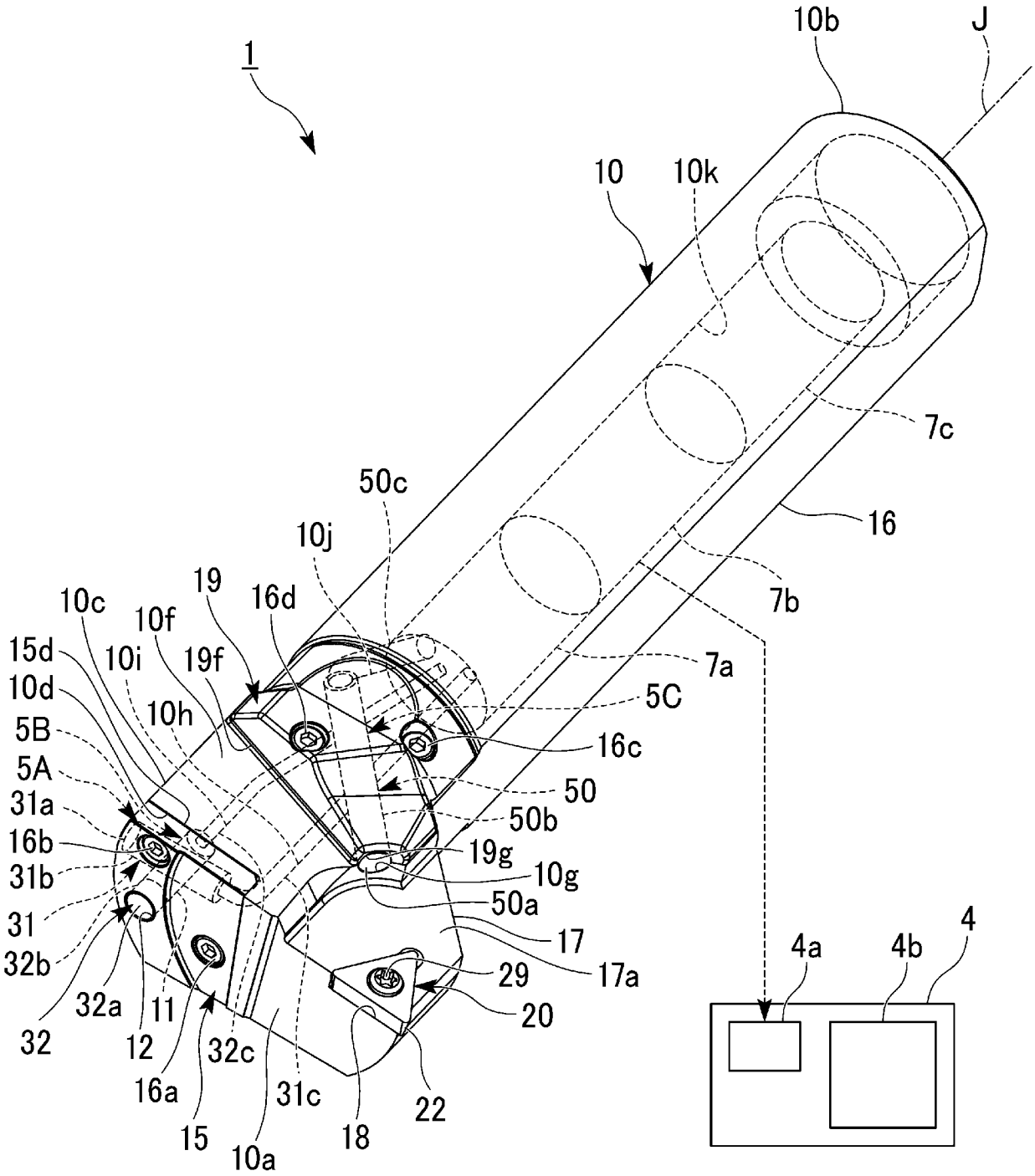
[請求項7] 前記算出工程において、加工対象の材料が鉄系の材料である場合に、前記定数ａ、ｂ、ｃに予め０を代入する、請求項６に記載の切削方法。

[請求項8] 前記工具本体には、前記距離センサによって測定される測定データを外部の制御装置に送信する通信部が設けられ、

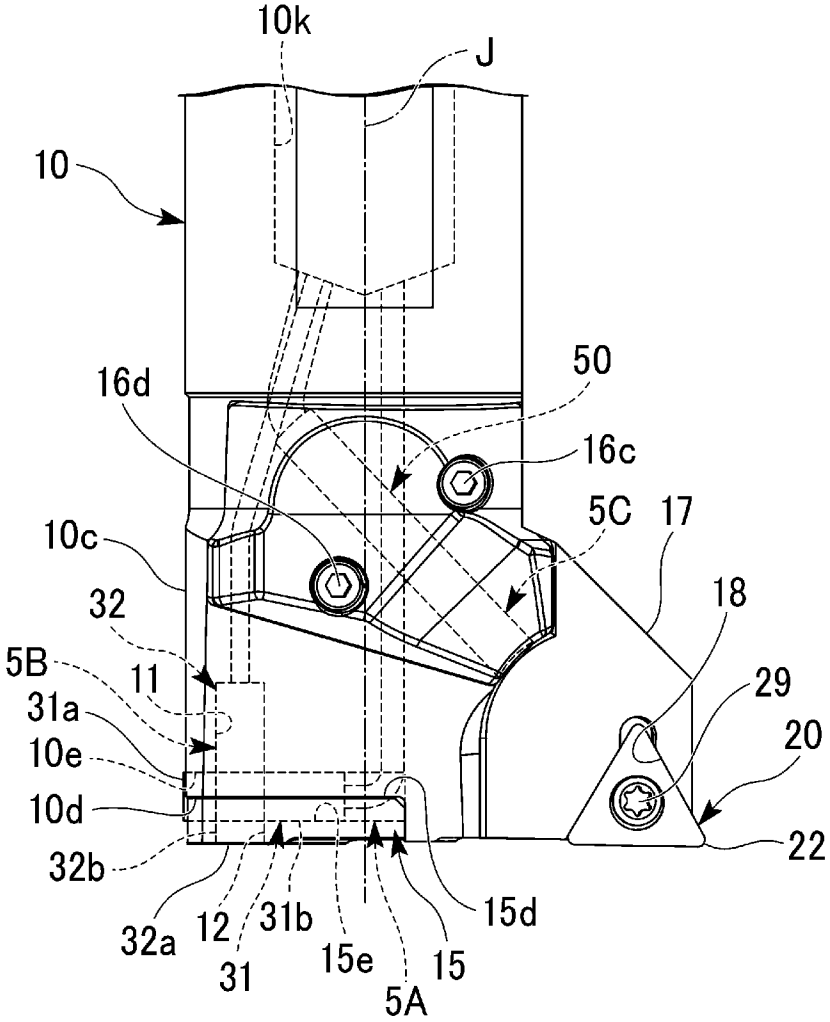
前記制御装置が、前記算出工程を行い、算出した前記較正式を記憶する、請求項５～７の何れか一項に記載の切削方法。

[請求項9] 前記加工面に切削油又はクーラントを供給しながら前記加工工程を行う、請求項１～８の何れか一項に記載の切削方法。

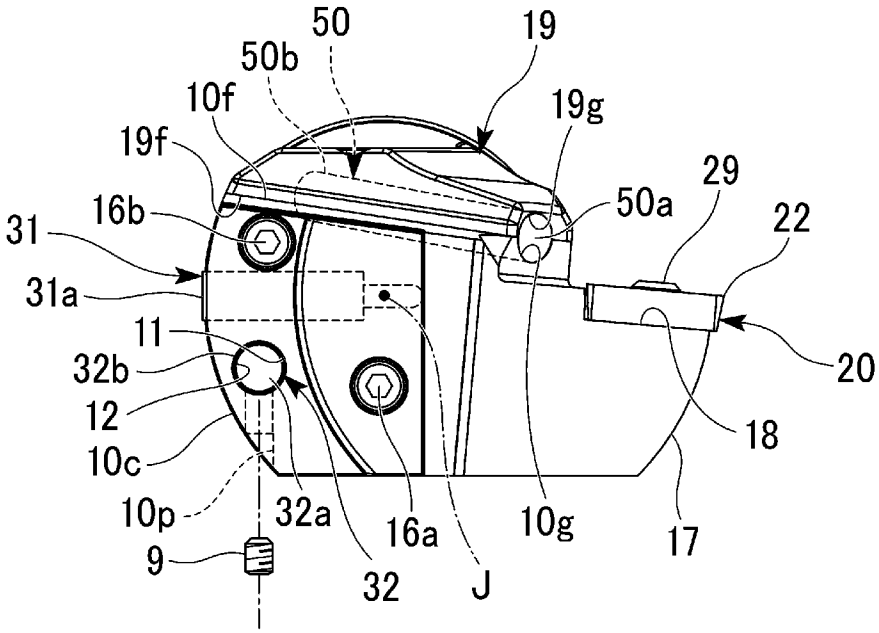
[図1]


1
10b
J
10
10k
7c
16
7b
7a
5C
16c
50
50b
19g
10g
50a
17
17a
29
20
22
18
31c
10a
15
16a
32c
12
11
32a
32
32b
31
31b
16b
31a
5A
5B
10d
15d
10c
10f
10i
19f
10h
19
16d
10j
50c
4
4b
4a

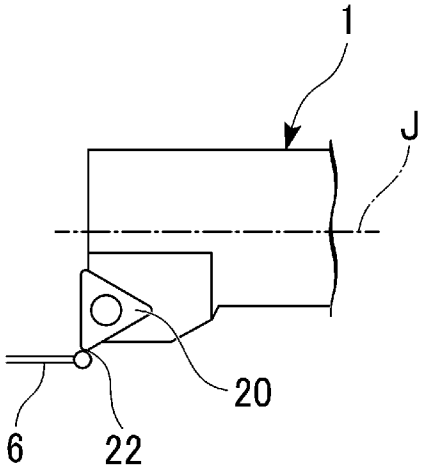
[図2]


10k
J
10
50
16d
16c
5C
17
10c
18
32
5B
11
29
31a
20
10e
10d
22
32b
15d
32a
12
31b
15e
15
31
5A

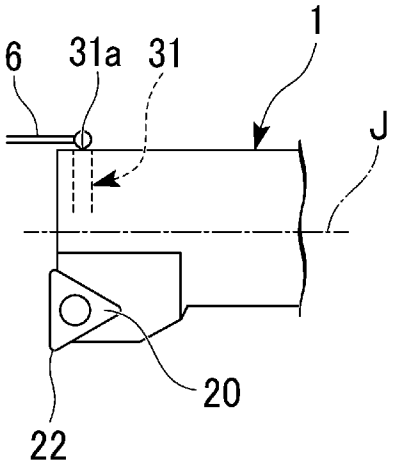
[図3]


50
19
50b
10f
19g
19f
29
50a
16b
22
31
31a
20
11
32b
18
12
10c
10p
32a
16a
10g
17
9
32
J

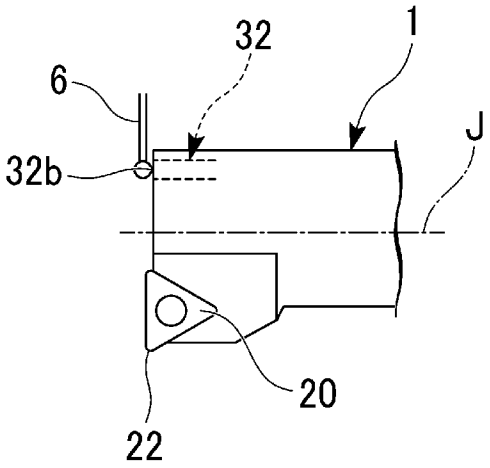
[図4A]



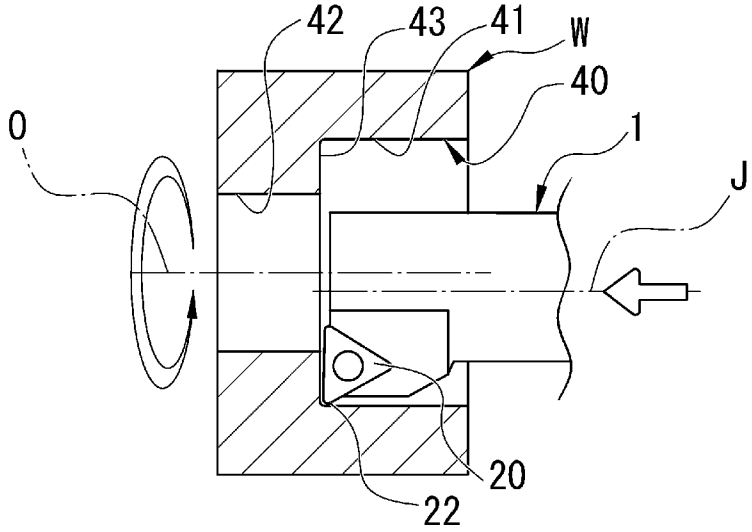
[図4B]



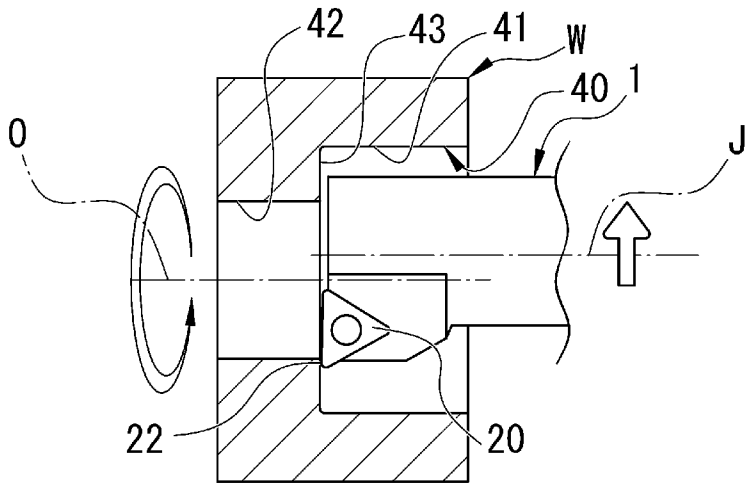
[図4C]



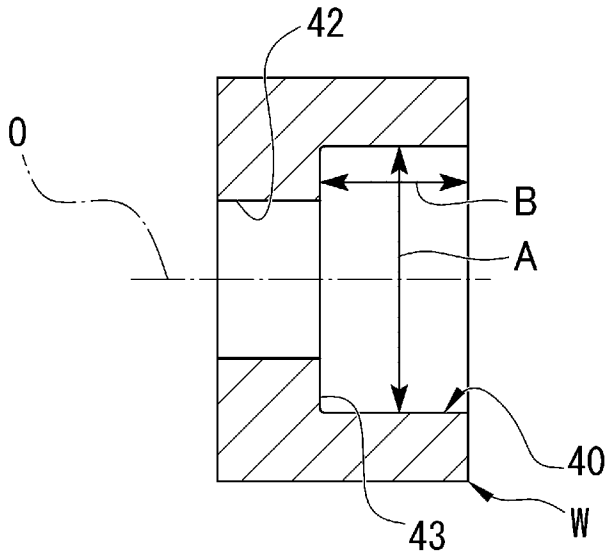
[図5A]



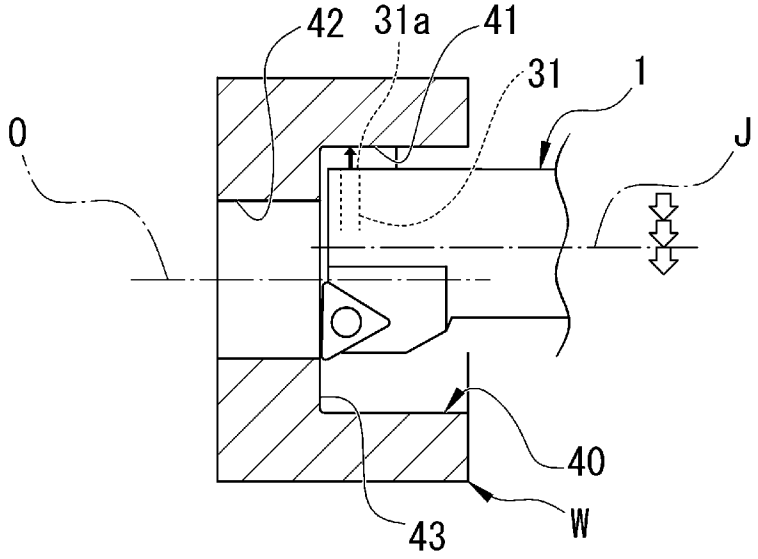
[図5B]



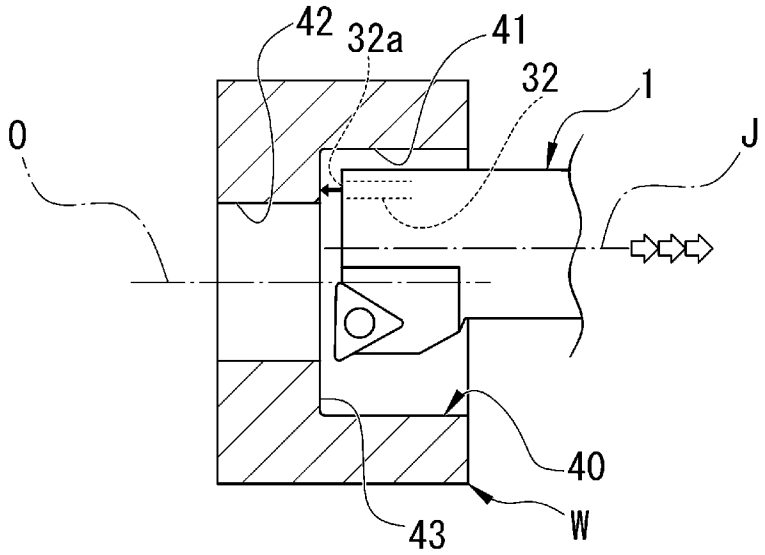
[図5C]



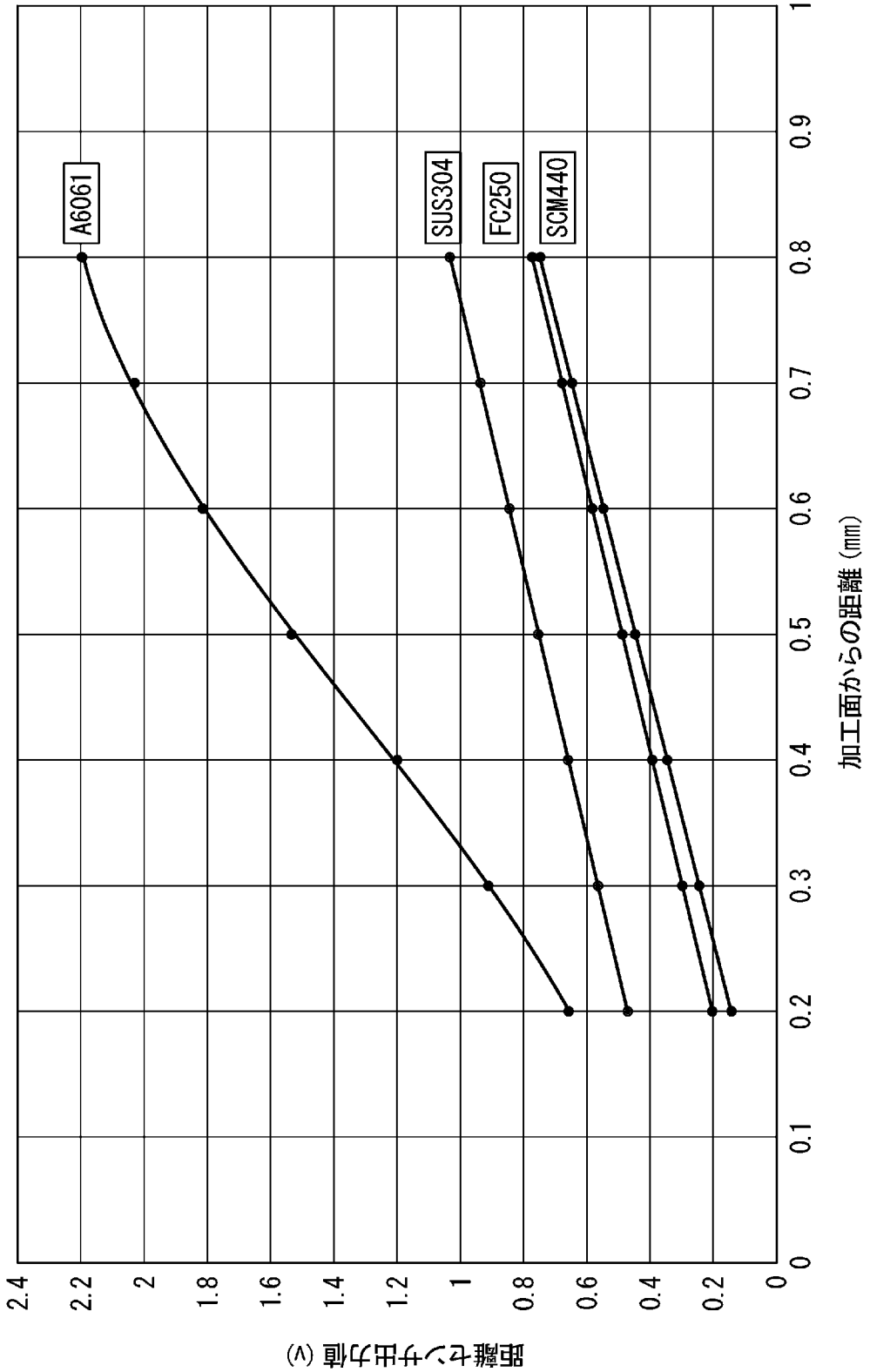
[図5D]



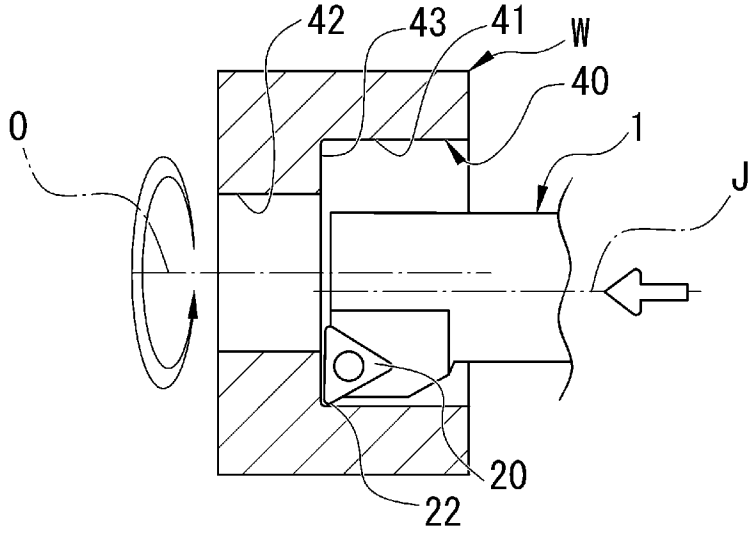
[図5E]



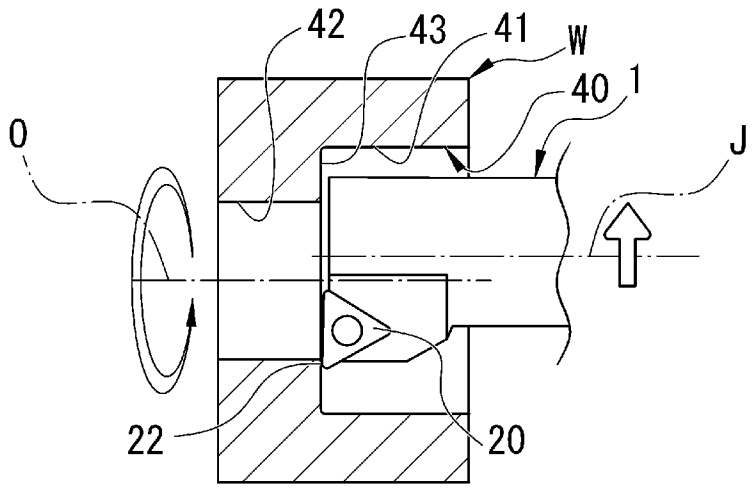
[図6]


A6061
SUS304
FC250
SCM440
距離センサ出力値 (V)
加工面からの距離 (mm)
2.4
2.2
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1

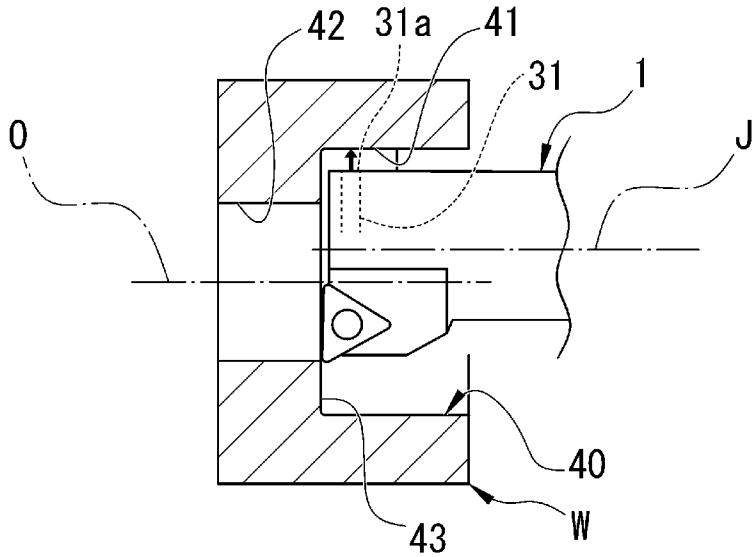
[図7A]



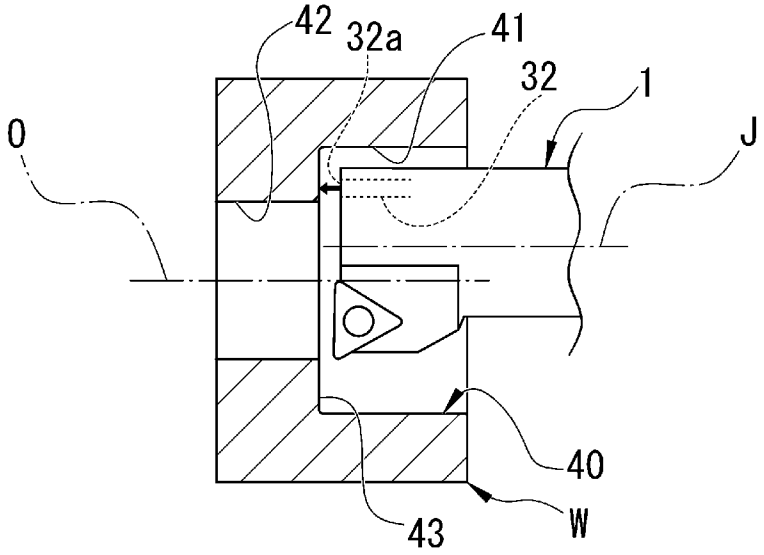
[図7B]



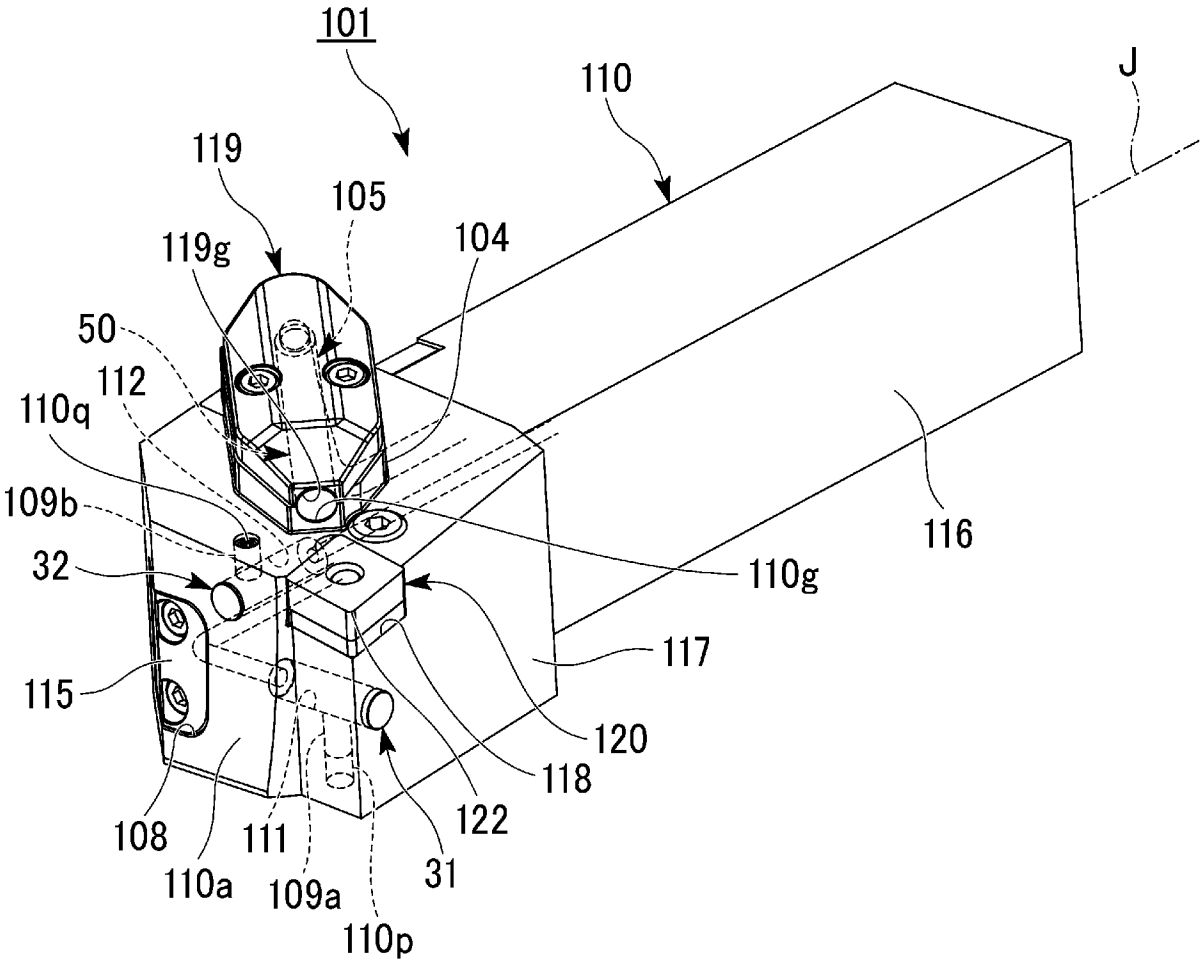
[図7C]



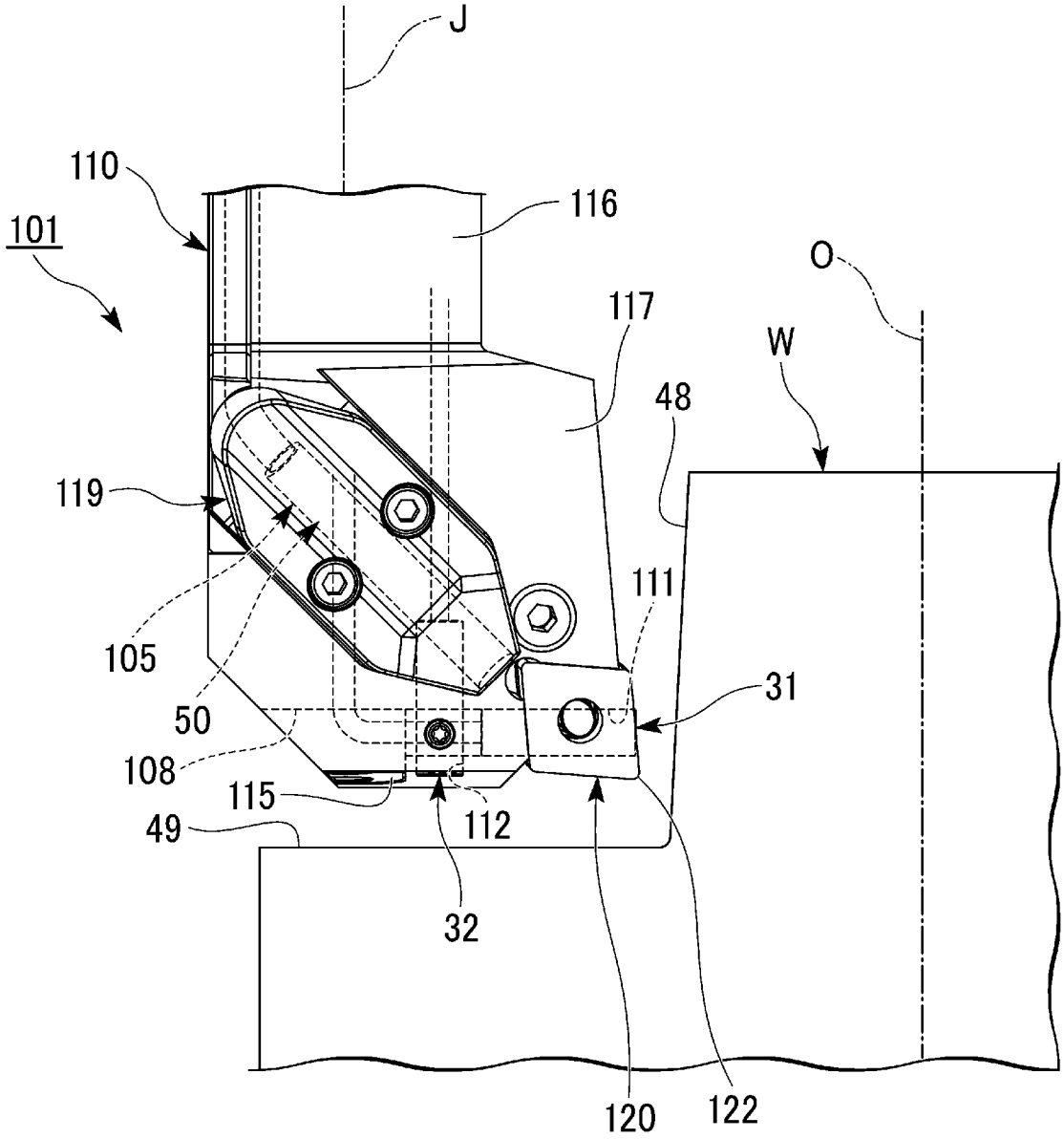
[図7D]


42
32a
41
32
1
0
J
40
43
W

[図8]


101
110
J
119
105
104
119g
50
112
110q
109b
32
110g
116
117
115
120
118
122
108
111
31
110a
109a
110p

[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/010935

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23Q 17/20(2006.01)i; ***G01B 7/00***(2006.01)i; *B23B 25/06*(2006.01)n; *B23B 27/00*(2006.01)n; *B23B 29/12*(2006.01)n
FI: B23Q17/20 A; G01B7/00 101F; B23B25/06; B23B27/00 D; B23B29/12 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23Q17/20; G01B7/00; B23B25/06; B23B27/00; B23B29/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2020/151960 A1 (AB SANDVIK COROMANT) 30 July 2020 (2020-07-30) fig. 1	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 May 2022	**31 May 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/010935

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2020/151960 A1	30 July 2020	EP 3686548 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/010935

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23Q 17/20(2006.01)i; G01B 7/00(2006.01)i; B23B 25/06(2006.01)n; B23B 27/00(2006.01)n; B23B 29/12(2006.01)n
FI: B23Q17/20 A; G01B7/00 101F; B23B25/06; B23B27/00 D; B23B29/12 Z

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23Q17/20; G01B7/00; B23B25/06; B23B27/00; B23B29/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2020/151960 A1 (AB SANDVIK COROMANT) 30.07.2020 (2020-07-30) Fig.1	1-9

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
18.05.2022	31.05.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
山本　忠博 3C 9531
電話番号 03-3581-1101 内線 3324

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/010935

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2020/151960 A1	30.07.2020	EP 3686548 A1	